

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
3 novembre 2005 (03.11.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/103606 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :

G01B 11/16, G01D

5/353, G01B 11/18, E02D 33/00, 1/08

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2004/000721

(22) Date de dépôt international : 24 mars 2004 (24.03.2004)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
BIDIM GEOSYNTHETICS [FR/FR]; 9 Rue Marcel
Paul, F-95870 BEZONS (FR). **FIBER OPTIC SEN-
SORS & SENSING SYSTEMS** [BE/BE]; Ciplastraat 14,
B-2440 GEEL (BE).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **DEL-
MAS, Philippe** [FR/FR]; 2 Square Ampère, F-78330
FONTENAY LE FLEURY (FR). **NANCEY, Alain**
[FR/FR]; 22 Rue Raspail, F-95650 BOISSY L'AILLERIE
(FR). **VOET, Marc** [BE/BE]; Ciplastraat 16, B-2440
GEEL (BE). **VLEKKEN, Johan** [BE/BE]; Pater Noster
Strasse 62, B-3110 ROTSELAAR (BE). **SCHOUBS, Els**
[BE/BE]; Kapelstraat 2/33, B-3590 DIEPENBEEK (BE).

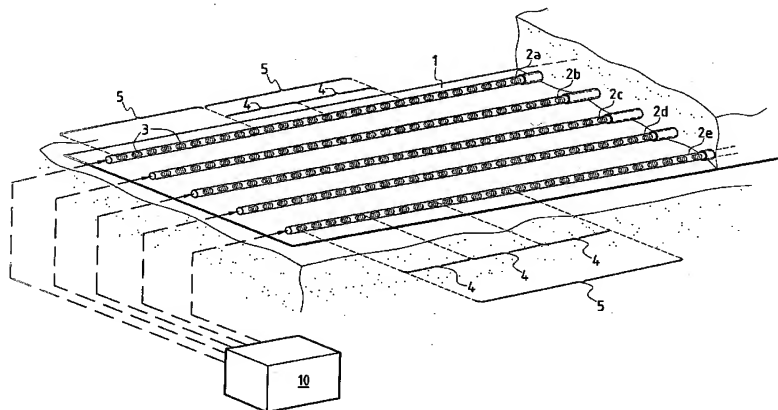
(74) Mandataires : **CARDY, Sophie** etc.; Cabinet Beau de
Loménie, 158 Rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR LOCATING AND MEASURING DEFORMATIONS IN A WORK OF CIVIL ENGINEERING

(54) Titre : PROCEDE POUR LOCALISER ET MESURER LES DEFORMATIONS D'UN OUVRAGE DE GENIE CIVIL



(57) Abstract: The invention relates to a method for locating deformations in a work of civil engineering, characterized by the fact at least one geosynthetic (1) is applied inside or below said work, said geosynthetic being provided with a plurality of parallel optical fibers (2a - 2e) which can transmit signals, wherein the optical fibers comprise regularly spaced Bragg networks (3) which are divided up into series (4) of consecutive N1 networks corresponding to the same wavelength, wherein said series are divided up into identical sets each comprising consecutive N2 series corresponding to different wavelengths, and by the fact that, in at least two optical fibers, numbers N1 of networks of a series and numbers N2 of series (4) of a set (5) are determined in such a way that by measuring the differences between the wavelengths of the incident light sent in each of the optical fibers and the wavelengths of the light reflected by the Bragg networks make it possible to locate the deformations undergone by the work and to measure the elongations of the optical fibers at the places of said deformations.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé pour localiser et mesurer les déformations d'un ouvrage de génie civil, caractérisé par le fait que l'on applique dans ledit ouvrage ou sous ledit ouvrage au moins un géosynthétique (1) équipé d'une pluralité de fibres optiques (2a à 2e) parallèles et susceptibles de transmettre des signaux, lesdites fibres optiques comportant des réseaux de Bragg (3), régulièrement espacés

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/103606 A1



AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT,

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

et répartis en séries (4) de N1 réseaux consécutifs correspondant à la même longueur d'onde, lesdites séries étant elles-mêmes réparties en ensembles identiques comportant chacun N2 séries consécutives correspondant à des longueurs d'onde différentes, et par le fait que, dans au moins deux fibres optiques, les nombres N1 de réseaux d'une série et les nombres N2 de séries (4) d'un ensemble (5) sont déterminés de telle manière que la mesure des écarts entre les longueurs d'onde de la lumière incidente envoyée dans chacune desdites fibres optiques et les longueurs d'onde de la lumière réfléchie par les réseaux de Bragg permettent, d'une part, de localiser les déformations subies par l'ouvrage et, d'autre part, de mesurer les elongations desdites fibres optiques à l'endroit des déformations.

Procédé pour localiser et mesurer les déformations d'un ouvrage de génie civil

L'invention concerne un procédé pour localiser et mesurer les déformations d'un ouvrage de génie civil.

5 Lors des constructions des autoroutes ou des voies de chemin de fer, de nombreux travaux de génie civil sont réalisés afin de supporter l'infrastructure de la voie. Mais certains terrains comportent des cavités naturelles ou artificielles non répertoriées. Il peut alors se produire, au cours de la construction de la nouvelle voie, ou plus tard au cours de son exploitation, des effondrements imprévisibles de terrain qui peuvent provoquer des accidents graves, par suite de la surcharge de ces zones fragiles, des infiltrations d'eau, de la sécheresse et des trépidations.

10 Pour éviter ces accidents, il serait nécessaire de procéder à des sondages systématiques du terrain avant de réaliser les travaux de génie civil. Ces sondages sont effectivement réalisés dans les terrains normalement sujets à effondrement.

Toutefois, certains terrains, sans risque d'éboulement naturel, ont comporté, dans les temps anciens, des ouvrages militaires enterrés dont l'existence est aujourd'hui inconnue.

20 Les sondages systématiques coûtent très chers et de plus, ils doivent être effectués à faible distance l'un de l'autre, sous la voie projetée et aux abords de celle-ci, pour garantir une sécurité absolue.

25 En outre, même en cas d'absence de cavités dans le terrain, le sol peut subir des tassements non uniformes sous certaines zones de la voie par suite des successions de périodes humides et de période de sécheresse, qui peuvent entraîner un affaissement, certes limité en amplitude, mais préjudiciable à la sécurité notamment lorsqu'il s'agit d'une voie destinée au passage de trains à grande vitesse.

30 Afin de limiter les risques d'effondrement des remblais, il est courant de disposer sur le sol et dans les remblais des nappes ou bandes de géosynthétique tissé ou non tissé qui permettent de rigidifier le remblai, en cas d'affaissement du sol. Les fils du géosynthétique subissent alors des efforts considérables qui entraînent une déformation par allongement des fils et qui peuvent provoquer la rupture de ces derniers et l'effondrement du remblai.

35

Pour détecter des déformations, à seuils définis, d'un ouvrage de génie civil, FR 2 72 78 677 a proposé d'équiper le géosynthétique de fils parallèles susceptibles de transmettre des signaux et calibrés à des valeurs d'allongement de rupture prédéterminées. On mesure le seuil de déformation atteint en envoyant des signaux dans les fils et en détectant la présence ou l'absence de réponse à ces signaux.

Les fils peuvent être des fils électriques ou des fibres optiques. La mesure se fait par tout ou rien, et la localisation de la déformation à un seuil défini ne peut se faire qu'en disposant deux jeux de fils parallèles, disposés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre.

Le but de l'invention est de proposer un procédé qui permette d'une part, de localiser la déformation et, d'autre part, de mesurer l'élongation des fils à l'endroit de la déformation et ceci avant la rupture des fils, au moyen d'un géosynthétique équipé d'un seul jeu de fils, disposés de préférence dans le sens de la longueur de l'ouvrage.

L'invention atteint son but par le fait que l'on applique dans l'ouvrage ou sous l'ouvrage au moins un géosynthétique équipé d'une pluralité de fibres optiques parallèles et susceptibles de transmettre des signaux, lesdites fibres optiques comportant des réseaux de Bragg, régulièrement espacés et répartis en séries de N1 réseaux consécutifs correspondant à la même longueur d'onde, lesdites séries étant elles-mêmes réparties en ensembles identiques comportant chacun N2 séries consécutives correspondant à des longueurs d'onde différentes, et par le fait que, dans au moins deux fibres optiques, les nombres N1 de réseaux dans une série et les nombres N2 de séries dans un ensemble sont déterminés de telle manière que la mesure des écarts entre les longueurs d'onde de la lumière incidente envoyée dans chacune desdites fibres optiques et les longueurs d'onde de la lumière réfléchiée par les réseaux de Bragg permettent, d'une part, de localiser les déformations subies par l'ouvrage et, d'autre part, de mesurer les élongations desdites fibres optiques à l'endroit des déformations.

L'invention met ainsi en œuvre les propriétés en soi connues des réseaux de Bragg utilisés dans des jauges de contraintes telles que celles décrites notamment dans WO 86/01303.

Les réseaux de Bragg sont espacés les uns des autres d'une distance identique dans toutes les fibres optiques, mais les longueurs des

séries ou les longueurs des ensembles sont différentes sur au moins une paire de fibres optiques afin de permettre, de manière simple, les localisations des déformations de l'ouvrage par la détermination des longueurs d'onde de lumière réfléchie qui ont subi des distorsions par rapport aux longueurs d'onde correspondante de la lumière incidente, l'amplitude de ces distorsions donnant une indication de l'amplitude des élongations des fibres optiques à l'endroit des localisations.

Avantageusement, dans au moins deux fibres optiques, les nombres N1 de réseaux d'une série sont égaux et les nombres N2 de séries dans un ensemble sont premiers entre eux.

Ainsi par exemple supposons que la distance entre deux réseaux de Bragg soit de 1 mètre, que le nombre N1 est égal à 10, une série de réseaux s'étend alors sur 10 mètres. Supposons en outre que la première fibre comporte sept séries par ensemble et permet donc de traiter sept fréquences différentes, et que la deuxième fibre comporte dix séries par ensemble, les chiffres 10 et 7 étant premiers entre eux. Un ensemble de la première fibre s'étend alors sur 70 mètres, et l'ensemble de la deuxième fibre s'étend sur une longueur de 100 mètres. Ces deux fibres permettent de localiser avec certitude un ouvrage sur une longueur totale de 700 mètres. Si en outre, le géosynthétique comporte une troisième fibre optique ayant des réseaux de Bragg espacés de 1 mètre et répartis en séries de 10 réseaux de Bragg consécutifs, et chaque ensemble comporte trois séries, le chiffre 3 étant premier avec 7 et 10, les trois fibres optiques permettent alors de localiser avec certitude des déformations dans un ouvrage de 2100 mètres de longueur. La localisation de la déformation est obtenue à 10 mètres près, ce qui correspond à la longueur d'une série de 10 réseaux de Bragg. Cette précision est nettement suffisante pour la surveillance des ouvrages de génie civil.

La règle de répartition des réseaux de Bragg sur deux fibres optiques peut être évidemment différente de celle donnée ci-dessus à titre d'exemple.

Ainsi par exemple, selon une autre règle de répartition, dans au moins une fibre optique le nombre N1 de réseaux dans une série est égal au nombre de réseaux d'un ensemble dans une autre fibre optique.

Par exemple, la première fibre optique comporte un ensemble de 10 séries, et chaque série comporte 100 réseaux de Bragg identiques

séparés de 1 mètre. La deuxième fibre optique comporte des ensembles de 10 séries, et chaque série comporte 10 réseaux de Bragg espacés de 1 mètre. Ces deux fibres optiques permettent de localiser avec précision une déformation d'un ouvrage ayant 1 kilomètre de long.

5 L'invention concerne également un géosynthétique pour la mise en œuvre du procédé.

Selon l'invention, ce géosynthétique est caractérisé par le fait qu'il comporte une pluralité de fibres optiques parallèles, lesdites fibres optiques comportant des réseaux de Bragg régulièrement espacés et
10 répartis en séries de N1 réseaux consécutifs correspondant à la même longueur d'onde, lesdites séries étant elles-mêmes réparties en ensembles identiques de N2 séries consécutives correspondant à des longueurs d'ondes différentes.

Les fibres optiques sont avantageusement insérées lors de la
15 réalisation du géosynthétique. Elles sont, de préférence, disposées dans la direction principale de la nappe, mais elles pourraient également être disposées dans le sens transversal si besoin est.

Avantageusement, les fibres optiques comportent un gainage pour leur protection contre les ruptures par cisaillement, dues aux
20 éléments agressifs du sol, et pour leur protection contre l'influence de l'eau, de pH élevé (contact du béton) et d'autres éléments corrosifs.

De manière avantageuse, les fibres optiques sont disposées dans le sens de la longueur dudit géosynthétique.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront
25 mieux à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 représente en perspective un géosynthétique pourvu de fibres optiques comportant des réseaux de Bragg ;

la figure 2 montre une première forme de la répartition des
30 réseaux de Bragg en ensembles identiques de séries différentes dans deux fibres optiques ; et

la figure 3 montre une deuxième forme de la répartition des réseaux de Bragg en ensembles identiques de séries différentes dans deux fibres optiques.

35 La figure 1 représente en perspective un géosynthétique 1 pourvu de fibres optiques 2a à 2e comportant des réseaux de Bragg 3 à

faible réflectivité, et destiné à être utilisé pour renforcer un ouvrage de génie civil, un remblai d'autoroute ou de voie de chemin de fer par exemple.

Les réseaux de Bragg 3 sont régulièrement espacés le long des fibres optiques 2a à 2b d'une distance qui est par exemple de 1 mètre, et sont répartis en séries 4 qui comportent un nombre N1 de réseaux 3 identiques, c'est-à-dire susceptibles de réfléchir en partie une lumière incidente ayant une longueur d'onde bien déterminée en l'absence de contrainte et la longueur d'onde de la lumière réfléchie changeant de valeur en fonction de la contrainte appliquée longitudinalement sur la fibre optique correspondante. Sur l'exemple montré sur la figure 1, les séries 4 des cinq fibres optiques 2a à 2b comportent le même nombre N1 de réseaux 3 et s'étendent donc sur une longueur identique.

Plusieurs séries 4 consécutives, et correspondant à des longueurs d'onde différentes constituent un ensemble 5 de réseaux, qui est reproduit sur toute la longueur des fibres.

Au moins deux fibres optiques équipant le géosynthétique 1 comportent des ensembles 5 ayant des nombres N2 de séries différents, et on peut même réaliser un géosynthétique 1 dans lequel toutes les fibres optiques 2a à 2e comportent des ensembles 5 de réseaux de Bragg ayant des nombres N2 de série différents.

De préférence, les nombres N2 sont premiers entre eux, afin de permettre une localisation précise des déformations ultérieures du géosynthétique 1.

Les fibres optiques 2a et 2b sont disposées de préférence dans le sens de la longueur du géosynthétique 1, qui pour son transport est disposé enroulé sur un enrouleur/dérouleur de bande.

Les fibres optiques 2a à 2e sont séparées d'une distance qui est par exemple de 1 mètre. Une fois que le géosynthétique 1 est disposé à plat sur le sol, les réseaux 3 constituent alors un maillage carré. Mais ce maillage pourrait être différent d'un maillage carré, sans sortir du cadre de l'invention. Ce maillage toutefois ne doit pas être trop large, afin de permettre la détection de déformations au-dessus d'effondrements occasionnels du toit d'une cavité sous-jacente ayant une faible section dans des plans horizontaux.

Le géosynthétique 1 a habituellement une largeur voisine de 5,5 mètres, et si l'ouvrage de génie civil à renforcer a une largeur supérieure à celle du géosynthétique 1, on dispose plusieurs bandes de géosynthétique côte à côte. Ces bandes peuvent également être
5 superposées dans l'ouvrage à renforcer.

Pour éviter la rupture par cisaillement des fibres optiques 2a à 2b, rupture due par exemple aux éléments agressifs du sol, et pour les protéger contre l'influence de l'eau, les pH élevés et autres éléments corrosifs, les fibres optiques 2a à 2e sont disposées dans un gainage de
10 protection approprié.

Les fibres optiques 2a à 2b sont raccordées à l'une des extrémités du géosynthétique à un système de contrôle 10 qui comportent des moyens pour envoyer de la lumière dans le cœur des fibres optiques 2a à 2e, des moyens pour mesurer les fréquences des lumières réfléchies
15 par les réseaux de Bragg 3,

des moyens pour mesurer les écarts entre les longueurs d'onde de la lumière réfléchie en cours d'exploitation et les longueurs d'onde de la lumière réfléchie, en l'absence de contrainte, c'est-à-dire lors de la construction de l'ouvrage,

20 des moyens de calcul pour indiquer la localisation des déformations éventuelles et les élongations des fibres optiques dues aux déformations de l'ouvrage, des moyens de stockage de données, des moyens de visualisation des résultats, et éventuellement des moyens avertisseurs pour donner l'alarme.

25 Sur les figures 2 et 3, on a désigné par les références B, V, R, J, M, les séries 4 de réseaux correspondant à des longueurs d'onde prédéterminés et différents.

Sur la figure 2, la fibre optique 2a comporte des ensembles 5 contenant cinq séries référencées B, V, R, J, M et la fibre optique 2b
30 comporte des ensembles 5 comportant quatre séries référencées B, V, R, J.

On constate que sur une longueur de géosynthétique correspondant à vingt séries 4 de réseaux 3, une déformation située au niveau d'une série, la quatorzième série en partant de la gauche par
35 exemple, sera reconnue par le système de contrôle 10 par le fait que la longueur d'onde référencée J sur la fibre optique 2a aura subi un décalage

et la longueur d'onde référencée V sur la fibre optique 2b aura subi un décalage, et chaque combinaison de deux longueurs d'onde correspond à une position de série précise.

5 Sur la figure 3, la fibre optique 2b comporte, par ensemble, cinq séries référencées B, V, R, J et M et la fibre optique 2a comporte, par exemple, cinq séries référencées B, V, R, J et M, mais la longueur de chaque série de la fibre optique 2a est égal à la longueur d'un ensemble de la fibre optique 2b.

10 Ici aussi chaque position d'une série de la fibre optique 2b, en partant de la gauche de la figure 3, est reconnue de façon certaine par la longueur d'onde correspondant à cette série sur la fibre optique 2b et la longueur d'onde de la série adjacente sur la fibre optique 2a, et ceci sur une longueur de géosynthétique correspondant à vingt cinq séries de la fibre optique 2b, et à un ensemble de la fibre optique 2a.

15 L'organe de contrôle 10 permet de localiser et mesurer les contraintes locales subies par les fibres optiques 2a à 2c par suite des déformations ultérieures de l'ouvrage au cours de son exploitation, par lecture directe des longueurs d'onde de la lumière réfléchie par les réseaux de Bragg 3 dans la plage des déformations comprises entre 0 et 3
20 ou 4 %, et de situer le niveau de déformation dans la plage comprise entre 3 ou 4 % et la rupture d'une fibre optique qui se situe à un niveau de déformation voisin de 8 % ou plus, suivant la fibre utilisée.

Après l'installation du géosynthétique 1 et la construction de l'ouvrage ou de la structure sus-jacente, une mesure initiale permet de
25 définir l'état de référence du système. La localisation de chaque réseau d'une fibre optique est obtenue en identifiant les longueurs d'onde des réseaux 3 de toutes les fibres optiques 2a et 2b alignés dans le sens de la largeur du géosynthétique 1.

30 Dans le cas d'une déformation survenant postérieurement à la construction, les longueurs d'onde de la lumière réfléchie par les réseaux de Bragg 3 situés à l'endroit de la déformation sont modifiées, alors que les longueurs d'onde des autres réseaux de Bragg restent inchangées. On obtient donc la localisation et la mesure de la déformation.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour localiser et mesurer les déformations d'un ouvrage de génie civil, caractérisé par le fait que l'on applique dans ledit
5 ouvrage ou sous ledit ouvrage au moins un géosynthétique (1) équipé d'une pluralité de fibres optiques (2a à 2e) parallèles et susceptibles de transmettre des signaux,

lesdites fibres optiques comportant des réseaux de Bragg (3),
régulièrement espacés et répartis en séries (4) de N1 réseaux consécutifs
10 correspondant à la même longueur d'onde, lesdites séries étant elles-mêmes réparties en ensembles identiques comportant chacun N2 séries consécutives correspondant à des longueurs d'onde différentes, et par le fait que, dans au moins deux fibres optiques, les nombres N1 de réseaux d'une série et les nombres N2 de séries (4) d'un ensemble (5) sont
15 déterminés de telle manière que la mesure des écarts entre les longueurs d'onde de la lumière incidente envoyée dans chacune desdites fibres optiques et les longueurs d'onde de la lumière réfléchie par les réseaux de Bragg permettent, d'une part, de localiser les déformations subies par l'ouvrage et, d'autre part, de mesurer les élongations desdites fibres
20 optiques à l'endroit des déformations.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que dans au moins deux fibres optiques, les nombres N1 de réseaux d'une série (4) sont égaux, et les nombres N2 de séries (4) d'un ensemble (5) sont premiers entre eux.

25 3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que dans au moins une fibre optique, le nombre N1 de réseaux dans une série est égal au nombre de réseaux d'un ensemble dans une autre fibre optique.

4. Géosynthétique pour la mise en œuvre du procédé selon
30 l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'il comporte une pluralité de fibres optiques (2a à 2e) parallèles, lesdites fibres optiques comportant des réseaux de Bragg (3), régulièrement espacés et répartis en séries (4) de N1 réseaux consécutifs correspondant à la même longueur d'onde, lesdites séries (4) étant elles-mêmes réparties
35 en ensembles (5) identiques de N2 séries consécutives correspondant à des longueurs d'ondes différentes.

5. Géosynthétique selon la revendication 4, caractérisé par le fait que les fibres optiques (2a à 2e) comportent un gainage pour leur protection contre les ruptures par cisaillement, dues aux éléments agressifs du sol, et contre la corrosion.

5 6. Géosynthétique selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé par le fait que les fibres optiques (2a à 2e) sont disposées dans le sens de la longueur dudit géosynthétique.

10 7. Géosynthétique selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé par le fait que les fibres optiques sont insérées dans ledit géosynthétique lors de la réalisation de ce dernier.

1/2

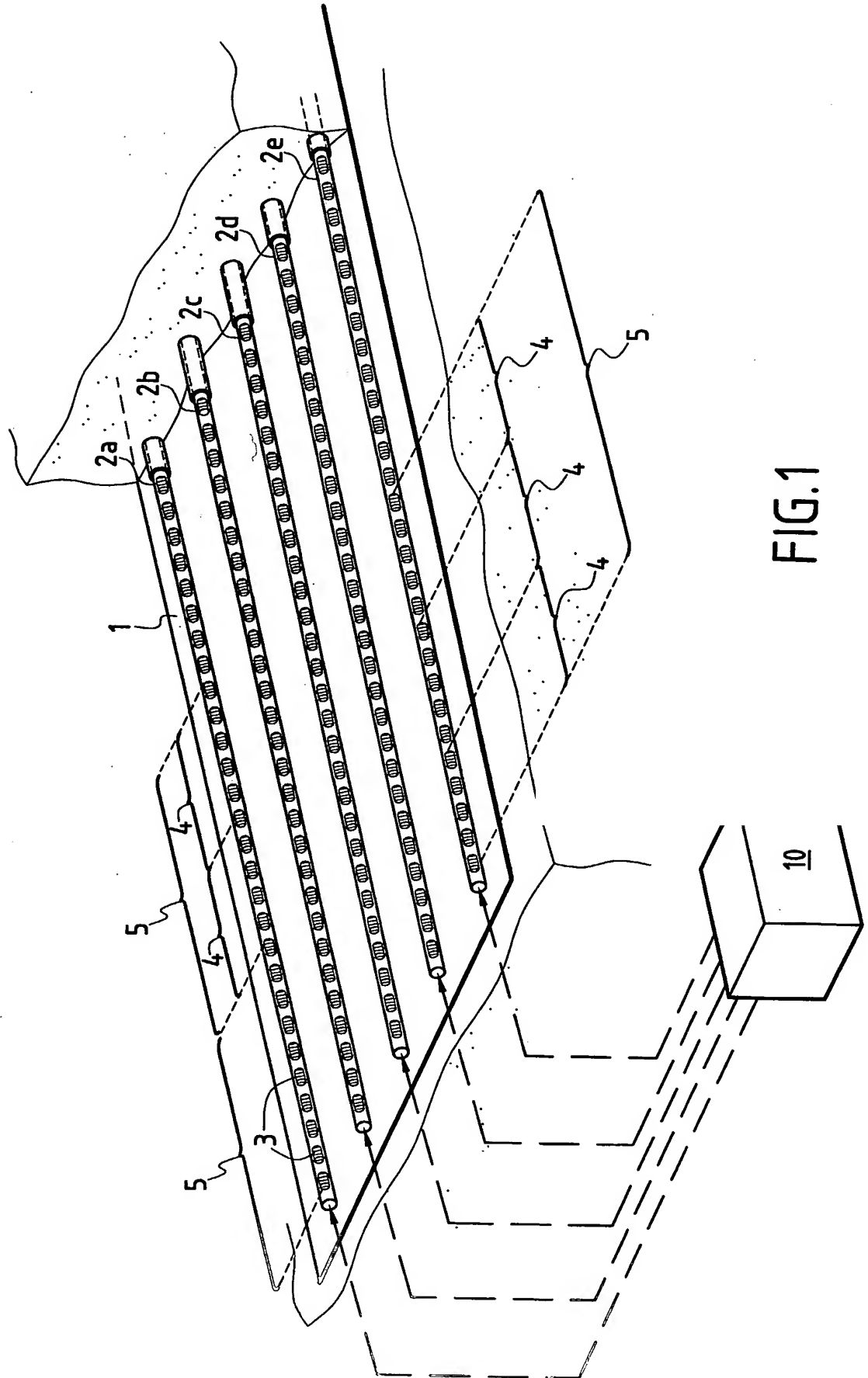


FIG.1

2/2

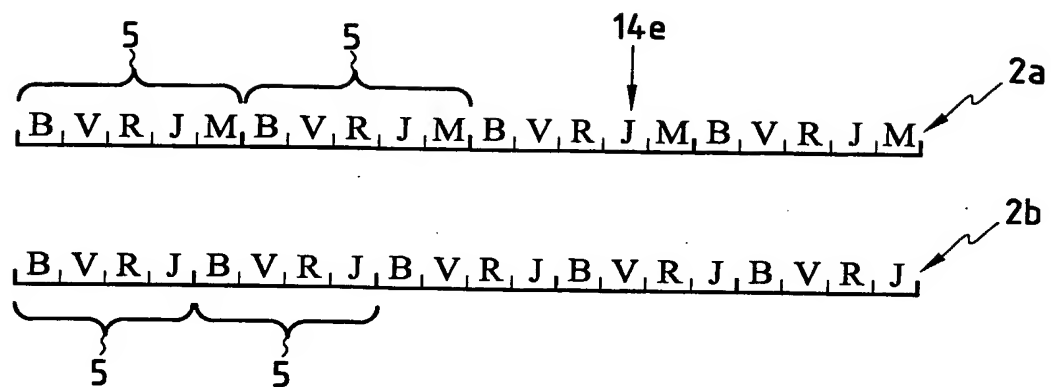


FIG.2

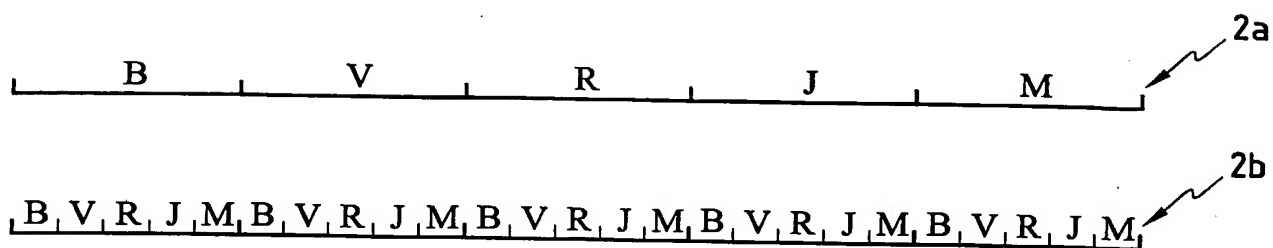


FIG.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/000721

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01B11/16 G01D5/353 G01B11/18 E02D33/00 E02D1/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01B G01D E02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| E | FR 2 844 874 A (BIDIM GEOSYNTHETICS SA) 26 March 2004 (2004-03-26) the whole document | 1-7 |
| A | FR 2 728 677 A (BIDIM GEOSYNTHETICS SA) 28 June 1996 (1996-06-28) abstract; figure 2 page 2, line 23 page 3 - page 4 | 1, 4 |
| A | US 6 256 090 B1 (CHEN PETER C ET AL) 3 July 2001 (2001-07-03) abstract; figures 2, 3 | 1, 4 |
| A | WO 99/09370 A (HU YIQUN ; UNIV MARYLAND (US); CHEN SHIPING (US)) 25 February 1999 (1999-02-25) abstract; figure 1 | 1, 4 |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 November 2004

Date of mailing of the international search report

10/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vorropoulos, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/FR2004/000721

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| FR 2844874 | A | 26-03-2004 | FR 2844874 A1 | 26-03-2004 |
| FR 2728677 | A | 28-06-1996 | FR 2728677 A1 | 28-06-1996 |
| US 6256090 | B1 | 03-07-2001 | NONE | |
| WO 9909370 | A | 25-02-1999 | AU 8913898 A | 08-03-1999 |
| | | | CA 2301069 A1 | 25-02-1999 |
| | | | DE 69813246 D1 | 15-05-2003 |
| | | | DE 69813246 T2 | 18-12-2003 |
| | | | EP 1005625 A1 | 07-06-2000 |
| | | | JP 2001516011 T | 25-09-2001 |
| | | | WO 9909370 A1 | 25-02-1999 |
| | | | US 6492636 B1 | 10-12-2002 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR2004/000721

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G01B11/16 G01D5/353 G01B11/18 E02D33/00 E02D1/08

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01B G01D E02D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie * | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|--|-------------------------------|
| E | FR 2 844 874 A (BIDIM GEOSYNTHETICS SA) 26 mars 2004 (2004-03-26) le document en entier ----- | 1-7 |
| A | FR 2 728 677 A (BIDIM GEOSYNTHETICS SA) 28 juin 1996 (1996-06-28) abrégé; figure 2 page 2, ligne 23 page 3 - page 4 ----- | 1, 4 |
| A | US 6 256 090 B1 (CHEN PETER C ET AL) 3 juillet 2001 (2001-07-03) abrégé; figures 2,3 ----- | 1, 4 |
| A | WO 99/09370 A (HU YIQUN ;UNIV MARYLAND (US); CHEN SHIPING (US)) 25 février 1999 (1999-02-25) abrégé; figure 1 ----- | 1, 4 |

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

1 novembre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

10/11/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Vorropoulos, G

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs

membres de familles de brevets

Deposition internationale No

PCT/FR2004/000721

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|----|------------------------|---|------------------------|
| FR 2844874 | A | 26-03-2004 | FR 2844874 A1 | 26-03-2004 |
| FR 2728677 | A | 28-06-1996 | FR 2728677 A1 | 28-06-1996 |
| US 6256090 | B1 | 03-07-2001 | AUCUN | |
| WO 9909370 | A | 25-02-1999 | AU 8913898 A | 08-03-1999 |
| | | | CA 2301069 A1 | 25-02-1999 |
| | | | DE 69813246 D1 | 15-05-2003 |
| | | | DE 69813246 T2 | 18-12-2003 |
| | | | EP 1005625 A1 | 07-06-2000 |
| | | | JP 2001516011 T | 25-09-2001 |
| | | | WO 9909370 A1 | 25-02-1999 |
| | | | US 6492636 B1 | 10-12-2002 |